

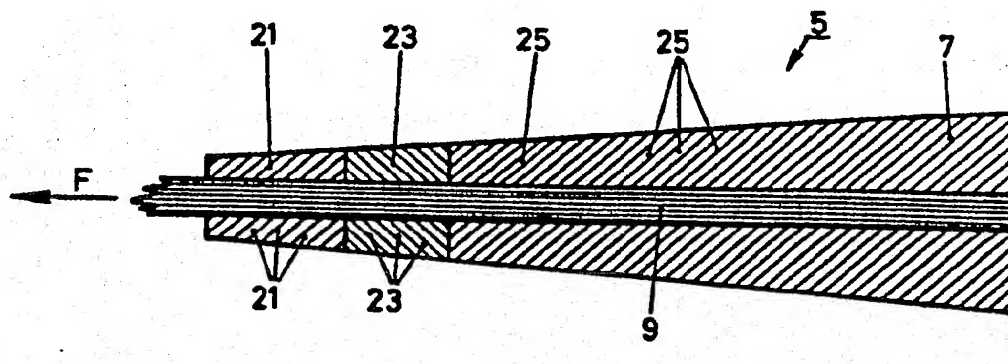
**PCT**  
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



<b>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :</b> <p style="text-align: center;"><b>E04C 5/12</b></p>	<b>A1</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:</b> <b>WO 95/29308</b>  <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 2. November 1995 (02.11.95)
<b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/CH95/00080 <b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 13. April 1995 (13.04.95)  <b>(30) Prioritätsdaten:</b> 1270/94-3                      25. April 1994 (25.04.94)                      CH  <b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA [CH/CH]; Überlandstrasse 129, CH-8600 Dübendorf (CH).  <b>(72) Erfinder; und</b> <b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):</b> MEIER, Urs [CH/CH]; Oberholzstrasse 29, CH-8603 Schwerzenbach (CH). MEIER, Heinz [CH/CH]; Geerenweg 25, CH-8303 Bassersdorf (CH). KIM, Patrick [US/CH]; 5, chemin des Vergers, CH-1162 Saint-Prex (CH).  <b>(74) Anwalt:</b> TROESCH SCHEIDEGGER WERNER AG; Siewertstrasse 95, CH-8050 Zürich (CH).		<b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> AU, DE, JP, NO, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>

**(54) Title:** ANCHORAGE DEVICE FOR HIGH-PERFORMANCE FIBER COMPOSITE CABLES

**(54) Bezeichnung:** VERANKERUNG FÜR HOCHLEISTUNGSFASER VERBUNDWERKSTOFF-DRÄHTE



**(57) Abstract**

A conical anchorage system for anchoring one or several load-carrying, stressed or prestressed tension elements (9) has a conical anchoring sleeve and an anchoring body (7) that fits into the sleeve and retains the tie elements. The contact surface between the anchoring body and the sleeve wall is designed to slide substantially freely. In order to prevent the tie elements from tearing out of the anchoring body and to prevent the anchoring body itself from breaking up, the stiffness of the gradient material of which the anchoring body is made increases from the entrance of the tie element into the cone, i.e. from its front area, to the rear part of the anchoring cone. The shearing strain is thus substantially better distributed along the surface of the tie elements than when the stiffness of the anchoring body is substantially uniform.

### (57) Zusammenfassung

Ein konisches Verankerungssystem zum Verankern von einem oder mehreren belasteten, gespannten oder vorgespannten Zugelernen (9) umfasst eine konische Ankerhülse und einen in die Hülse passenden, das oder die Zugelement(e) haltenden Verankerungskörper (7). Die Grenzfläche zwischen Verankerungskörper und Hülsewandung ist im wesentlichen frei gleitend ausgebildet. Um ein Ausreißen der Zugelemente aus dem Verankerungskörper bzw. ein Brechen des Verankerungskörpers selbst zu verhindern, nimmt die Steifigkeit des den Verankerungskörper bildenden Gradientenwerkstoffs vom Eintritt des Zugelementes in den Konus, d.h. vom Frontbereich zum hinteren Teil des Ankerkonus hin zu. Damit wird eine wesentlich verbesserte Verteilung der Schubspannung entlang der Oberfläche des oder der Zugelemente erreicht als wenn die Steifigkeit des Verankerungskörpers weitgehendst gleichmässig ist.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
EY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

## **Verankerung für Hochleistungsfaserverbundwerkstoff-Drähte**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein konisches Verankerungssystem zum Verankern von einem oder mehreren belasteten, gespannten oder vorgespannten Zugelement (-en), umfassend eine mindestens konische Ankerhülse und einen in die Hülse passenden, das oder die Zugelement(-e) haltenden Verankerungskörper, der eine entlang der Hülswandung im wesentlichen freigleitende Oberfläche aufweist, ein Verfahren zum Herstellen eines konischen Verankerungssystems sowie ein Verfahren zum Einhüllen bzw. Beschichten von Füllstoffpartikeln für die Verwendung in einem Verankerungssystem.

Seit den 50er Jahren hält die schweizerische Bauindustrie weltweit im Bereich der Vorspanntechnik eine ausgezeichnete Position. Aus dieser Sparte wurde in den späten 60er Jahren das Spezialgebiet der Paralleldraht- bzw. Litzenbündel für abgespannte Konstruktionen entwickelt. Die Schrägseilbrücke Mannheim-Ludwigshafen und das Olympiadach in München sind Pionierbeispiele dafür. Die durch die Luft- und Raumfahrt ausgelöste technische Entwicklung der kohlenstofffaser-verstärkten Kunststoffe, sowie die starke Preisreduktion der Kohlenstofffasern in den vergangenen Jahren legten es nahe, den Einsatz von Paralleldrahtbündeln mit Kohlenstofffaser-Drähten im Bauingenieurwesen zu studieren. Insbesondere bot sich damit ein geeigneter Ersatz für die schweren und korrosionsanfälligen Stahlseile in vorgespannten bzw. abgespannten Konstruktionen an. Die Forderungen z.B. für Schrägseilbrückenka-

bel eines steifen, festen, leichten, korrosionsbeständigen und langfristig stabilen Materials mit hoher Ermüdungsfestigkeit als Ersatz für die Stahlseile führen sinnvollerweise zu kohlenstoffaser-verstärkten Epoxydharzen. Faserverbundwerkstoffe sind sehr vorteilhaft, da sie eine hohe Festigkeit und niedrige Rohdichte kombinieren, wobei gleichzeitig die Korrosionsanfälligkeit der Stahlseile entfällt.

Die grundsätzliche Problemstellung ist es, kohlenstoffaser-verstärkte Zugstäbe beim Ersatz von Stahlseilen in abgespannten Konstruktionen in Form von Drähten und Kabeln so zuverlässig zu verankern, dass die hohen statischen Festigkeiten und Ermüdungsfestigkeiten optimal genutzt werden können. Bei Zugversuchen soll der Bruch auf der freien Strecke stattfinden und nicht in der Verankerung. Grundsätzlich geht es hier also um ein Verbundproblem, und zwar speziell um den Verbund zwischen Draht und Verankerung, bzw. bei den in der Regel gewählten konischen Verankerungen um den Verbund zwischen Draht und Verankerungskörper.

In den letzten Jahren sind verschiedene Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der Verankerung von Verbundwerkstoff-Zugelementen gewidmet worden. Die meisten dieser Arbeiten haben sich auf glasfaserverstärkte Zugstäbe und Aramidstränge konzentriert, wobei als Zitate zu nennen sind: Mitchell et al, 1974; Kepp, 1985; Walton & Jeung, 1986; Burgoyne, 1988; und Dreessen, 1988. Für Haupttrag-elemente in nicht vorgespannten Bauteilen weisen Glas- und Aramid-Verbundwerkstoffe aber eine zu niedrige Steifigkeit auf, und es ist dann nötig, kohlenstoffaser-verstärkte (CFK) Werkstoffe zu verwenden. Einige Arbeiten

wurden an CFK-Zuggliedern durchgeführt, wobei zu nennen sind: Walton & Yeung, 1986, und Yeung & Parker, 1987. Jedoch scheinen die Ergebnisse nicht so erfolgreich zu sein, um sie zuverlässig auf Bauanwendungen im grossen Massstab zu übertragen.

Das Hauptziel beim Gestalten eines Ankersystems sind das Erreichen einer möglichst günstigen Spannungsverteilung, um im Zugversuch die Brüche der Drähte auf die freie Strecke zu verschieben und die Kriechneigung des Verankerungssystems zu reduzieren. Grundsätzlich können existierende Verankerungssysteme in drei Kategorien eingeteilt werden: Klemmverankerung, geklebte Verankerungen und konische Verankerungssysteme. Stahlkabel und Glasfaserstäbe können mit allen drei Systemen verankert werden, wobei in der Praxis Presshülsen für kleinere Zuelemente häufiger in Gebrauch sind, während Vergussankerungen meistens für grössere Kabel verwendet werden. Für die CFK-Stäbe und -Kabel werden in der Regel konische Vergussankerungssysteme bevorzugt.

Das Ankersystem besteht grundsätzlich aus vier Teilen:

1. der Ankerhülse, die durch Auflager oder Gewinde mit der Struktur verbunden ist,
2. dem oder den Zuelementen, das oder die zu verankern ist bzw. sind,
3. dem Verankerungskörper, der die Kraftübertragung von den Drähten zur Ankerhülse gewährleistet, und
4. dem Gleitfilm zwischen der Ankerhülse und dem Verankerungskörper.

Die Ankerhülse wird üblicherweise aus Stahl hergestellt.

Sie kann jedoch auch aus Faserverbundwerkstoff oder als mit Faserverbundwerkstoffen verstärkte Stahlankerhülse gefertigt werden. Sie dient auch als Form für die Fertigung des Verankerungskörpers. Der Verankerungskörper selbst ist ein kritischer Teil des Systems. Er muss einen guten Verbund zum Zugelement bilden, um die eingeleitete Kraft voll auf die Ankerhülse zu übertragen. Belastungsversuche zeigen in der Regel erste Schädigungen im vorderen Teil des Ankers. Mit "vorn" wird jener Teil des Ankers bezeichnet, bei dem das Zugelement diesen in Richtung freie Strecke verlässt. So entwickeln sich z.B. bei einem ungenügenden Verbund zwischen Zugelement und Verankerungskörper laufende Risse entlang der Drahtoberfläche oder innerhalb des Drahtes, die zu Brüchen in der Grenzschicht zwischen Draht und Verankerungskörper führen und einen sog. Drahtschlupf verursachen. Beim Drahtschlupf verbreiten sich erste Risse am vorderen Teil des Ankers entlang der ganzen Länge des Drahtes. Ausser den mit dem Drahtschlupf verbundenen Schubbruchflächen konnten auch Zugbrüche beobachtet werden, welche im Verankerungskörper senkrecht zum Zugelement (-en) orientiert sind, wie in Fig. 1 der beigefügten Figuren dargestellt.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Verankerung von schlanken, drahtartigen Zugelementen in einem konischen Ankersystem vorzuschlagen, sodass beim Zugversuch Brüche der schlanken Zugelemente wie der Drähte auf der freien Strecke erfolgen und nicht im Ankersystem selbst. Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe mittels eines konischen Vergussankersystems gemäss dem Wortlaut insbesondere nach Anspruch 1 vorgeschlagen.

Untersuchungen an Ankersystemen haben ergeben, dass im

Falle einer konstanten Systemsteifigkeit über die ganze Länge der Verankerung der grösste Anteil der Zuglast am vorderen Teil des Ankers aufgenommen wird. Dies äussert sich in einer scharfen Spannungsspitze im Schubspannungsprofil, wie in Fig. 2 der nachfolgenden Figuren dargestellt. Für eine gleichmässigeren Spannungsverteilung muss also der Verankerungskörper eine variierende Steifigkeit haben, mit einer am Vorderteil des Ankers sehr niedrigen und nach hinten, d.h. zum unbelasteten Ende des Zugelementes stark zunehmenden Steifigkeit. Die Variation in der Systemsteifigkeit des Ankers kann, wie erfindungsgemäss vorgeschlagen, auf verschiedene Weise gesteuert werden, insbesondere durch

- eine Variation der Steifigkeit (E-Modul) des Materials des Verankerungskörpers, sowie
- eine Verjüngung des Ankerkonus nach vorne, d.h. beim Eintritt des Drahtes in den Anker, sowie
- eine Variation der Steifigkeit der Ankerhülse.

Selbstverständlich gilt auch eine Kombination der drei vorgeschlagenen Massnahmen.

Entsprechend wird erfindungsgemäss ein konisches Vergussankersystem zum Verankern von einem oder mehreren belasteten, gespannten oder vorgespannten Zugelement (-en) vorgeschlagen, umfassend eine konische Ankerhülse und einen, in die Hülse passenden, das Zugelement bzw. die Zugelemente haltenden Verankerungskörper, der eine entlang der Hülse wandung im wesentlichen frei gleitende Oberfläche aufweist. Der Verankerungskörper ist dadurch

gekennzeichnet, dass seine Steifigkeit vom Eintritt des Zuelementes oder der Zuelemente in den Konus, d.h. von vorne nach hinten zunimmt.

Damit kann erreicht werden, dass in der Verankerung des schlanken Zuelementes bzw. des Drahtes bzw. der Drähte eine möglichst gleichmässige Schubspannungsverteilung über die Ankerlänge erreicht werden kann, wobei die ideale Schubspannungsverteilung keine starken Spitzen oder Gradienten aufweist und zum freien unbelasteten Ende des Zuelementes bzw. der Zuelemente hin auf Null abfällt.

Zum Herstellen von Ankerkörpern für Paralleldraht- bzw. Parallellitzenbündel aus den verschiedensten Materialien eignen sich insbesondere Ankerfüllmassen, bestehend aus einer Bindemittelmatrix, wie insbesondere einem Kunststoffharz und mindestens einem Füllstoff, wobei sich die oben erwähnte erfindungsgemäss vorgeschlagene unterschiedliche Steifigkeit des Verankerungskörpers durch unterschiedlichen Füllgrad, unterschiedliche Geometrie des Füllstoffes und/oder durch unterschiedliche Steifigkeit bzw. Härte des Füllstoffes ergibt. Allerdings kann die unterschiedliche Steifigkeit auch durch die Bindemittelmatrix erhalten werden, indem beispielsweise ein im wesentlichen duromeres Polymersystem, wie ein Kunstharz, mit im Frontbereich des Ankerkonus erhöhten Anteilen an Plastifizierungsmitteln, Flexibilisatoren, Weichmachern und/oder in das Polymere eingebauten Elastomerblöcken versehen ist.

Insbesondere bei der Verwendung von Kohlenstoffaserdrähten muss ein metallischer Verguss oder Klemmvorrichtungen aus praktischen Gründen ausgeschlossen werden, da beide



Verankerungstypen zu Schädigungen der Drähte führen würden, einerseits durch die Hitze der Vergusslegierungen und andererseits durch die hohe und nicht immer radiale Querpressung. In diesem Sinne ist ein Kunststoffankersystem vorzugsweise zu verwenden, wobei sich insbesondere Epoxydharzsysteme, Polyurethanharze aber auch die Verwendung von thermoplastischen Kunststoffen, wie Polyätherätherketon, Polysulfon, Polykarbonat oder Polymethylmetacrylat als vorteilhaft erwiesen haben. Der Vorteil von Epoxydharzsystemen liegt darin, dass bereits durch das Harzsystem die Festigkeit durch das Verwenden von Flexibilisatoren, Plastifizierungsmitteln, usw., reduziert werden kann, währenddem andererseits durch die Verwendung von hochvernetzten Epoxydharzsystemen sehr hohe Festigkeitswerte erreicht werden können.

In der Praxis hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Steifigkeit des Verankerungskörpers in einem Vergussankerungssystem vom Frontbereich zum hinteren Abschluss um einen Faktor im Bereich von ca. 20 bis ca. 300, vorzugsweise um einen Faktor von ca. 80 bis 100 zunimmt.

Weiter hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn der Ankerkonus einen möglichst kleinen Öffnungswinkel aufweist und zwar einen Winkel im Bereich von ca. 5° bis ca. 15°. Mit anderen Worten führt auch ein schlanker Konus zu einem günstigeren Spannungszustand, wobei die untere Grenze des Öffnungswinkels durch den maximal zulässigen Konus-schlupf bzw. die maximale Verschiebung unter Belastung gesetzt wird. Wenn der Konuswinkel zu klein ist, besteht die Gefahr entweder des Ausreissens des gesamten Verankerungskörpers oder aber eines Bruches der Ankerhülse.

Ein weiterer Faktor zur Beeinflussung des Schubspannungsfeldes ist die Wahl des Radius der Ankeröffnung beim Eintritt des Zugelementes. Erfindungsgemäss wird vorgeschlagen, dass die Differenz der Radien der Ankeröffnung und des Zugelementes bzw. des Zugelementbündels beim Eintritt des oder der Zugelemente(-s) einen Wert im Bereich von ca. 0,5 bis ca. 15 mm aufweist.

Als Zugelemente haben sich insbesondere Drähte, bestehend aus kohlenstoffaserverstärktem Epoxydharz als vorteilhaft erwiesen. Derartige Kohlenstoffaserdrähte können im sog. Strangziehverfahren (Pultrusion) hergestellt werden, wobei dieser Vorgang als Stand der Technik bestens bekannt ist, weshalb an dieser Stelle auf eine nähere Beschreibung der Herstellung von kohlenstoffaserverstärkten Drähten verzichtet werden kann. Anstelle der Epoxidharz-Matrix ist auch eine thermoplastische Matrix mit beispielsweise Polyätherätherketon möglich.

Als Füllstoffe im Verankerungskörper eignen sich selbstverständlich irgendwelche als Füllstoffe für Polymere verwendete Materialien, wobei insbesondere Stahl, Quarz, Glas, Gummi und/oder vorzugsweise Aluminiumoxyd in Form von Schrott, Sand, Kugeln, Fasern, Granulate und dgl. mehr vorgeschlagen werden. Je nach verwendetem Füllstoff und verwendeter Menge können die Festigkeit und die Steifigkeit im Verankerungskörper stark beeinflusst werden, wobei beispielsweise reines Epoxydharz einen E-Modul im Bereich von ca. 500 bis 4000 MPa aufweisen kann, währenddem bei Verwendung von Stahlschrott oder Aluminiumoxyd Werte bis über 100'000 MPa erreicht werden können.

In der Praxis hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn

der Verankerungskörper im Ankerkonus mindestens zwei Zonen mit unterschiedlicher Steifigkeit aufweist, vorzugsweise jedoch ca. drei bis fünf Zonen. Dabei haben die Steifigkeitswerte der verschiedenen Zonen vom Frontbereich zum hinteren Bereich des Ankerkonus zuzunehmen. Selbstverständlich besteht der Idealfall darin, dass die Steifigkeit vom Frontbereich zum hinteren Abschnitt stetig bzw. kontinuierlich zunimmt, in der Praxis jedoch ist dies nur mit erhöhtem Aufwand möglich, und zudem bringt bereits die Wahl von drei bis fünf Zonen eine ausreichende Verteilung der Schubspannung, wie ebenfalls aus den nachfolgenden Beispielen und Figuren ersichtlich.

Weiter wird ein Verfahren zum Herstellen eines erfindungsgemässen konischen Verankerungssystems gemäss dem Wortlaut nach Anspruch 10 vorgeschlagen. Dabei hat es sich als problematisch erwiesen, den Füllstoff derart bei der Herstellung des Vergusses in den Konus einzufüllen, dass die mindestens drei bis fünf Zonen mit unterschiedlicher Steifigkeit erzeugt werden können. Wird beispielsweise ein sehr feiner Füllstoff verwendet, so ist die Verteilung des Füllstoffes im relativ weichen Frontbereich schlecht, währenddem bei Verwendung eines relativ groben bzw. grossvolumigen Füllstoffes kaum eine weiche Zone hergestellt werden kann. Aus diesem Grunde wird weiter erfindungsgemäss vorgeschlagen, den Füllstoff vor dem Füllen der Ankerfüllmasse zur Herstellung des Verankerungskörpers unterschiedlich stark mit Bindemittel zu umhüllen bzw. zu beschichten. Anschliessend wird im Frontbereich des Ankerkonus stark eingehüllter bzw. beschichteter Füllstoff zusammen mit dem Bindemittel in die Ankerhülse bzw. den Hohlkörper eingefüllt, währenddem im hinteren Bereich nicht oder nur schwach eingehüllter oder

- 10 -

beschichteter Füllstoff verwendet wird. Das Beschichten des Füllstoffes kann beispielsweise mittels Wirbelsintern erfolgen. Durch dieses Verfahren kann auch das Schwinden des Verankerungskörpers im vorderen Teil stark reduziert werden.

Gemäss einer Variante des erfindungsgemässen Verfahrens hat es sich als vorteilhaft erwiesen, das Wirbelsintern des Füllstoffes in einem sog. Wirbelschichtgranulator oder einem Schüttel- oder Biaxialmischer durchzuführen, wobei beispielsweise Aluminiumoxydpartikel mit einem Epoxydharzsystem eingehüllt bzw. beschichtet werden.

Die Erfindung wird nun nachfolgend beispielsweise und unter Bezug auf die beigefügten Figuren näher erläutert.

Dabei zeigen:

Fig. 1a schematisch, im Schnitt, einen Ankerkonus mit senkrecht zum Zugelement auftretenden Zugrissen im Verankerungskörper, wie sie typischerweise bei einer ungenügenden Steifigkeitsabstufung auftreten;

Fig. 1b im Längsschnitt einen analogen Ankerkonus wie in Fig. 1a, jedoch schematisch dargestellt, auftretende Brüche in der Oberflächenschicht des Drahtes und der Grenzschicht zwischen Draht und Verankerungskörper;

Fig. 2 in Diagrammform, Schubspannungsverteilungen entlang einem Zugelement in einem Verankerungskörper;

Figuren 3a bis 3c den Einfluss von drei Steifigkeitsabstufungen im Verankerungskörper mit einer weichen Zone am

Vorderteil der Verankerung auf die Schubspannungsverteilung an der Oberfläche eines Zugelementes;

Fig. 4a bis 4c den Einfluss der gradierten und damit idealen Steifigkeitsverteilung in der Verankerung auf die Schubspannungsverteilung an der Oberfläche des Zugelementes, und

Fig. 5 einen Längsschnitt durch einen erfindungsgemässen Verankerungskörper, wobei der im Verankerungskörper verwendete Füllstoff unterschiedlich stark mit Bindemittel umhüllt bzw. beschichtet ist. Vorne wird der Füllstoff dicker beschichtet als hinten.

In den Figuren 1a und 1b sind schematisch im Schnitt mögliche Schadensbilder dargestellt, wie sie bei Verankerungen von Kohlenstofffaserdrähten in einem Vergussankersystem auftreten können. Das Vergussankersystem 1 umfasst dabei eine Hülse 3 aus Stahl, welche axial innenliegend eine konisch verlaufende Bohrung aufweist. In diesen Konus eingelassen ist ein entsprechend konisch ausgebildetes Verankerungssystem 5, bestehend aus dem gradierten Verankerungskörper 7 und den in diesem zu haltenden Kohlenstofffaserdrähten 9, von welchen aus Gründen der Einfachheit nur ein einziger Draht dargestellt ist. An der Übergangsfläche 11 von Verankerungskörper 7 und Hülse 3 soll die Reibung möglichst klein sein, indem entweder auf der Innenseite der Hülse 3 ein Trennmittel aufgetragen ist, oder aber der Verankerungskörper 7 beispielsweise mit einer Teflonfolie beschichtet ist. Dies ist wesentlich, sodass die beiden Körper frei gegeneinander verschiebbar sind. Der Verankerungskörper 7 wird in der Regel an dieser Grenzfläche mit Geweben aus Kohlenstoff-, Glas- oder Aramidfasern verstärkt.

Beim Auftreten einer Zugkraft  $F$  auf die Kohlenstoffaserdrahte 9 ergeben sich in der Regel zwei mögliche Schadenbilder, welche schematisch in den Figuren 1a und 1b dargestellt sind. In Fig. 1a zeigen sich Querrisse 13 im Verankerungskörper 7, welche in der Regel im Frontbereich des Verankerungskörpers auftreten. Eine andere Ursache des frühzeitigen Versagens der Verankerung kann im Auftreten eines sog. Gleitbruches liegen, indem an der Grenzschicht zwischen Draht und Ankerfüllmasse oder auch in der Oberflächenschicht des Drahtes Risse bzw. Brüche 15 resp. 17 auftreten. Der Bruchverlauf ist so, dass zunächst im ersten Bereich A erste Risse 15 auftreten, welche sich anschliessend im Bereich B relativ schnell beschleunigt fortsetzen. In beiden dargestellten Fällen, d.h. sowohl in Fig. 1a wie auch in Fig. 1b treten die ersten Schäden im Frontbereich des Vergusskonus 5 auf, offensichtlich deshalb, da bei erhöhter Zugkraft  $F$  in diesem Bereich eine Spannungskonzentration auftritt.

Diese Vermutung wird anhand des Schubspannungsverteilungsdiagramms in Fig. 2 erhärtet, wo die Schubspannung auf die Länge des Verankerungskörpers 7 entlang der Oberfläche des Kohlenstoffdrahtes 9 dargestellt ist. Kurve 18 aus Fig. 2 zeigt die ermittelte Spannungsverteilung in einem herkömmlichen, nicht gradierten Vergussankersystem entlang der Oberfläche eines verankerten Kohlenstoffdrahtes. Demgegenüber zeigt Kurve 19 die ideale Spannungsverteilung, sodass im Frontbereich des Ankersystems keine erhöhte Anfälligkeit von Brüchen bzw. Rissen in der Ankerfüllmasse wie auch entlang der Oberfläche des Kohlenstoffdrahtes besteht. Für das Erreichen einer mehr oder weniger idealen Spannungsverteilung entlang der Oberfläche eines Kohlenstoffdrahtes oder des Kohlenstoffdraht-

bündels wird nun erfindungsgemäss vorgeschlagen, dass die Steifigkeit in der Ankerfüllmasse vom Frontbereich des Vergussankersystems zum hinteren Bereich zunimmt. Ein derart erfindungsgemäss vorgeschlagenes Vergussankersystem soll nun anhand der Figuren 3 und 4 näher erläutert werden.

Ausgegangen wurde von Drähten, bestehend aus kohlenstofffaserverstärktem Epoxidharz, wobei die Drähte im sog. Strangziehverfahren (Pultrusion) hergestellt worden sind. Dabei werden Faserrovings beispielsweise von der Firma Toray Industries, Japan, Typ T 700, von Spulen abgerollt und durch ein Epoxidharzbad gezogen. Als Epoxidharzmatrixsystem wurde das System Araldit LY 556/HY 917 gewählt. Das Faser/Harz Bündel wurde bei gleichzeitigem Gelieren des Harzes in einer Härtingsform zu dem gewünschten Profil geformt bzw. gezogen. Mittels einer Abziehvorrichtung wurden die Drähte durch den Härtingsofen gezogen und anschliessend in sechs Meter lange Abschnitte geschnitten. Jeweils sieben Drähte wurden in einem Bündel zusammengefasst und in einem Ankerkonus mittels einer gefüllten Epoxidharzmasse vergossen, wobei das Füllen des Ankerkonus mittels herkömmlichen Methoden erfolgen kann, wie beispielsweise durch Injektion unter Vakuum. Als Ankerfüllmasse wurde erneut ein Aralditepoxidharzsystem der Firma Ciba-Geigy verwendet mit den Harzkomponenten CY 205/CY 208, wobei bei verschiedenen Versuchen unterschiedliche Mengen eines Härters HY 917 und eines Flexibilisators DY 070 beigelegt wurden. Damit wurden im umgefüllten Epoxidharzsystem E-Modul-Werte erreicht im Bereich von 400 bis 800 MPa bis zu Werten von 3500 bis 4300 MPa. Als Füllstoffe wurden Stahlkugeln, Glasperlen sowie Aluminiumoxyd der Firmen Metoxit und vom Typ Alcoa ver-

wendet, wobei der E-Modul von Stahl bzw. Aluminiumoxyd bis zu 300'000 MPa betragen kann.

Ziel der Versuche war nun, bei erhöhtem Zug einen allfälligen Bruch der Kohlenstoffaserdrähte auf die freie Strecke zu verlegen, wobei davon auszugehen ist, dass der Bruch auf der freien Strecke theoretisch bei einer Zuglast auftritt, welche ca. 94% der Summe der einzelnen Zuglasten der einzelnen Zuelemente beträgt. Bei den oben erwähnten kohlenstoffaserverstärkten Epoxidharzdrähten wurde eine Zugfestigkeit gemessen von bis zu 3'300 MPa.

Wie nun in Fig. 3a im Schnitt dargestellt, wurde ein Verankerungskörper 7 für die Verankerung des Kohlenstoffaserbündels 9 (als ein einziger Draht dargestellt) verwendet, wobei drei Zonen 21, 23 und 25 gewählt wurden mit unterschiedlicher bzw. von der Front zum hinteren Ende ansteigenden Steifigkeit in der Ankerfüllmasse. Im Frontbereich 21 wurde ein flexibilisiertes resp. weichgemachtes Epoxidharz als Ankermatrix gewählt, mit einem Füllgrad (Kurzfasern oder andere Füllstoffe) in der Grössenordnung von ca. 3-10%, wobei der gewählte Füllstoff eine relativ kleine Korngrösse aufwies. Der so erhaltene E-Modul lag je nach gewählter Mischung und verwendeter weichgemachter Epoxidharzmatrix in der Grössenordnung von ca. 500 MPa.

Im daran anschliessenden Abschnitt 23 wurde als Ankermatrix ein nur unwesentlich weichgemachtes Epoxidharz verwendet, wobei der Füllgrad in der Grössenordnung von 10-20% lag, mit einer Korngrösse des verwendeten Aluminiumoxydes von 14-28 (Siebgrösse). Der so erhaltene E-Modul lag in der Grössenordnung je nach gewähltem Epoxid-



harz und gewählter Füllstoffmenge zwischen 5'000 und 15'000 MPa.

Der hintere Bereich 25 des Giesskörpers wurde gebildet durch eine nicht weichgemachte Epoxidharzmatrix, welche selbst bereits einen E-Modul in der Grössenordnung von 4000 MPa aufwies. Der Füllgrad in diesem Bereich lag zwischen 20 und 85%, wobei grobkörniges Aluminiumoxyd verwendet worden ist. Um einen sehr hohen Füllgrad zu erhalten, wurde relativ niedrig viskoses Harz Araldit F für die Herstellung der Epoxidharzmatrix verwendet. Der so im Bereich 25 erreichte E-Modul lag in der Grössenordnung von ca. 70'000 bis 300'000 MPa.

In Fig. 3b sind die entsprechenden E-Module in bezug auf die Gesamtlänge des Giesskörpers in relativer Grössenordnung dargestellt, wodurch die Zunahme der Steifigkeit vom Frontbereich zum hinteren Bereich des Ankersystems deutlich erkennbar wird.

In Fig. 3c ist die in den einzelnen Bereichen festgestellte Schubspannung  $\tau$  in Abhängigkeit der Länge des Ankerkonus dargestellt, wobei nun deutlich im Vergleich zu Fig. 2 erkennbar wird, dass sich im Bereich 21 eine wesentlich niedrigere Spannungskonzentrationsspitze einstellt.

Fig. 4a zeigt erneut einen Ankerkonus 5, in welchem jedoch eine weitgehendst stufenlose Zunahme der Steifigkeit im Verankerungskörper vom Frontbereich zum hinteren Bereich des Ankerkonus erreicht wird. Dabei wird der Front-

bereich 21 aus Fig. 3 durch die drei Einzelbereiche 21' gebildet, der daran anschliessende Bereich 23 durch die drei Zonen 23', währenddem der hintere Bereich 25 weitgehendst demjenigen entspricht aus Fig. 3.

Somit ergibt sich in Fig. 4b eine weitgehendst gleichmässige Zunahme des E-Moduls, der dargestellt ist durch die Kurve C. Die Abstufung B entspricht derjenigen aus Fig. 3b, währenddem A denjenigen Fall darstellt, wo der E-Modul bzw. die Steifigkeit entlang des gesamten Ankerkonus gleichbleibend ist, resp. die Ankerfüllmasse entlang der gesamten Länge homogen ist.

Die drei Fälle A, B und C sind nun in Fig. 4c in bezug auf die berechnete Schubspannungsverteilung  $\tau_{rz}$  dargestellt, wobei im Falle einer konstanten Steifigkeit des Verankerungskörpers bzw. im Falle A sich die gleiche Schubspannungsverteilung ergibt, wie in Fig. 2 durch Kurve 18 dargestellt. Kurve B entspricht der Schubspannungsverteilung von Fig. 3c, währenddem nun Kurve C die Schubspannungsverteilung darstellt, wie sie sich aus der Ankerkonuskonstruktion ergibt, wie in Fig. 4a dargestellt.

Ein Vergleich insbesondere der Kurven B und C zeigt, dass durch den gleichmässigeren Anstieg des E-Moduls in den Bereichen 21 und 23 kaum eine wesentliche Verbesserung der Schubspannungsverteilung erzielt werden kann, womit ein erhöhter Aufwand bei der Herstellung des Verankerungskörpers bzw. Ankerkonus 7 bzw. 5 kaum gerechtfertigt ist.

Zugversuche an erfindungsgemäss hergestellten Veranke-

rungssystemen haben dann auch ergeben, dass bereits bei der Unterteilung des Ankerkonus 5 in drei verschiedene Festigkeitszonen des Verankerungskörpers 7 ein allfälliger Bruch der Kohlenstoffaserdrähte auf die freie Strecke verlegt wurde. Aus diesem Grunde wird erfindungsgemäss vorgeschlagen, dass der Verankerungskörper mindestens zwei bzw. vorzugsweise drei bis fünf Bereiche umfassen sollte, welche unterschiedliche Steifigkeiten aufweisen.

Analoge Resultate konnten erzielt werden, indem beispielsweise der vordere Bereich 21 aus einem mit Polymergranulat gefüllten Epoxydharz mit einem relativ tiefen E-Modul aufgebaut worden ist. Der hinterste Bereich 25 hingegen wurde mit Keramikgranulat gefüllt, um so eine relativ hohe Steifigkeit und einen hohen Kriechwiderstand zu erhalten. Der mittlere Übergangsbereich 23 wurde mit einer Mischung von keramischen und polymeren Granulaten gefüllt.

Als Ankermaterial können anstelle von Epoxidharzsystemen selbstverständlich auch andere duromere oder thermoplastische Systeme verwendet werden, wie insbesondere Polyurethan- oder Polyesterharzmassen, wobei speziell im Falle von Polyurethanharzsystemen das Einstellen der Steifigkeit besonders einfach ist. Für alle duromeren Systeme gilt aber grundsätzlich, dass durch das Einbauen von Weichmachern, Flexibilisatoren oder gar elastomeren Blöcken in das Polymersystem die Weichheit bzw. die Härte modifiziert werden kann, währenddem andererseits durch Erhöhung der Vernetzungsdichte beispielsweise durch Verwendung von sog. Novolac-Harzen die Härte bzw. die Steifigkeit stark erhöht werden kann.

Analoge Versuche, wie oben beschrieben, wurden übrigens auch mit vorgefertigten Verankerungskörpern aus thermoplastischen oder duromeren Polymeren durchgeführt, unter Verwendung der gleichen Füllstoffe wie insbesondere Glas, Stahl und Aluminiumoxyd. Insbesondere verwendet wurden Polyätherätherketon, Polymethylmetacrylat, sowie Polycarbonat, d.h. thermoplastische Polymere, welche einen relativ hohen E-Modul aufweisen im Bereich von ca. 2'000 bis 3'000 MPa. Allerdings ergaben sich trotz der erfindungsgemässen Ausgestaltung des Giesskörpers mit ansteigender Festigkeit sog. Spröddrühe im Vorderteil der Verankerung bei der Verwendung von Polymethylmetacrylat und Polycarbonat.

Generell zur Wahl des Materials, der Füllstoffe und des Füllgrades im Verankerungskörper ist in Ergänzung zur Ausgestaltung der Steifigkeitsverteilung zu sagen, dass die bei auftretenden Zugkräften auf die Drahtoberfläche auftretenden Radialdrücke ausreichend sein müssen, um die interlaminaire Scherfestigkeit der Drähte zu erhöhen und ein sog. Ausschlüpfen der Drähte aus dem Giesskörper zu verhindern. Andererseits aber darf die Steifigkeit im Verankerungskörper nicht zu hoch sein, da ansonsten die beim Zug auftretenden Radialdrücke vollständig vom Verankerungskörper aufgenommen werden und nicht auf die Drahtoberfläche übertragen werden. Bei den verschiedenen Versuchen hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Steifigkeitswerte von der sog. weichen Frontzone zum hinteren Bereich um einen Faktor von ca. 100 zunehmen. So wurden im Frontbereich Steifigkeitswerte von ca. 2 bis 3 GPa gemessen, währenddem die Steifigkeit im hinteren Bereich bis zu 300 GPa betragen kann.

Weitere Optimierungen der Ausreissfestigkeit der verankerten Kohlenstoffaserdrähte sind möglich durch unter-

schiedliche Dimensionierung bzw. Ausgestaltung des Ankerkonus. So ist es beispielsweise vorteilhaft, wenn der Öffnungswinkel des Ankerkonus möglichst klein ist, da ein schlanker Konus zu einem günstigen Spannungszustand führt. Allerdings ist der Winkel nach unten durch den zulässigen Konusschlupf begrenzt bzw. durch die maximale Verschiebung unter Zugbelastung. Bei einem zu klein gewählten Konusradius werden die Radialspannungen zu klein, so dass ein Ausziehen des Ankerkonus aus der Ankerhülse möglich ist bzw. die Hülse im Frontbereich aufbrechen kann.

Eine weitere Optimierung ist möglich, indem der Radius beim Eintritt der Kohlenstoffaserdrähte in den Ankerkonus in bezug auf den Radius des Kohlenstoffaserbündels nur unwesentlich grösser gewählt wird.

Im übrigen hat es sich weiter gezeigt, dass die Oberfläche des Verankerungskörpers in der linear konisch verlaufenden Ankerhülse nicht entsprechend linear konisch zu verlaufen hat, sondern gegen den Eintritt hin gebogen verjüngend ausgebildet sein kann. Allerdings ändert diese gebogene Ausbildung des Giesskörpers nichts an der erfindungsgemässen Aussage, dass die Steifigkeit vom Frontbereich zum hinteren Bereich in der Ankerfüllmasse bzw. im Giesskörper zunehmen muss.

Beim Vergiessen der Kohlenstoffaserdrähte in der Ankerhülse und dem gleichzeitigen Erzeugen der unterschiedlichen Steifigkeit hat sich eine weitere Problematik ergeben, indem in der Regel zusammen mit den Kohlenstoffaserdrähten bereits die Füllstoffe des Verankerungskörpers in den Konus eingegeben werden, bevor das Füllen des Konus

mit der Ankermatrix bzw. mit dem Epoxidharz unter Vakuum erfolgt. Auf diese Art und Weise ist es kaum möglich, im Frontbereich einen kleineren Füllgrad zu erzielen als im hinteren Bereich, da durch das Füllen des Konus mit Füllstoff vor dem Injizieren des Harzes in der Regel nur eine gleichmässige Verteilung des Füllstoffes im Verankerungskörper erhalten wird.

Erfindungsgemäss wird deshalb weiter vorgeschlagen, dass der Füllstoff bzw. die Füllstoffe vor dem Füllen in den Ankerkonus unterschiedlich mit Bindemittel eingehüllt bzw. beschichtet werden. Als besonders vorteilhaft hat sich erwiesen, die Füllstoffe mittels eines sog. Wirbelschichtgranulators oder eines Schüttel- oder Biaxialmischers mit einem Beschichtungsmaterial, wie beispielsweise dem als Bindemittel verwendeten Harz, zu beschichten. Dabei wird in einem Mischgutbehälter Aluminiumoxyd oder mineralisches Granulat durch Rotation eines Wirblerwerkzeuges aufgewirbelt und feinst homogenisiert. Anschliessend wird das Beschichtungsmaterial in den Mischgutbehälter eingegeben, welches Beschichtungsmaterial im Vergleich zum Granulat einen wesentlich geringeren Elastizitätsmodul aufweist, in der Grössenordnung von 10 bis 1000 mal kleiner. Das Beschichtungsmaterial kann, wie oben erwähnt, das Bindemittelharzsystem sein, welches als Ankerfüllmassematrix verwendet wird. Es kann sich dabei aber selbstverständlich um andere Materialien handeln, welche einen geringeren Elastizitätsmodul aufweisen. Das Beschichtungsmaterial wird in der Regel als trockenes oder klebriges Pulver oder in Lösung oder in Kombination in den Mischgutbehälter eingegeben. Je nach Verweilzeit im Wirbelschichtgranulator oder in einem Schüttel- oder Biaxialmischer wird eine kleinere oder grössere Wandstärke erzeugt, mit welcher der Füllstoff durch das Bindemittelharzsystem eingehüllt wird. Je

nach eingesetzten Stoffen wird das beschichtete Füllstoffgranulat nachträglich in einem Ofen getrocknet oder ausgehärtet.

Die auf diese Art und Weise hergestellten Füllstoffe mit unterschiedlichen Beschichtungsstärken können nun, wie in Fig. 5 dargestellt, in den vertikal stehenden Ankerkonus eingegeben werden, wobei im hinteren Bereich praktisch unbeschichtete Füllstoffe eingefüllt werden, währenddem im Frontbereich des Konus Füllstoffe mit hoher Wandstärke an Bindemittelharz eingefüllt werden. Bei der Injektion des Bindemittelharzes bzw. der Ankermatrix besteht nun nicht mehr die Gefahr, dass der Füllstoff homogen im ganzen Ankerkonus verteilt wird, sondern, wie erfindungsgemäss gefordert, ist der Füllgrad im Frontbereich wesentlich kleiner als im hinteren Bereich. Damit wird, wie erfindungsgemäss gefordert, die Steifigkeit im Frontbereich geringer und im hinteren Bereich wesentlich erhöht. Der Verankerungskörper, dargestellt in Fig. 5, besteht somit aus einem sog. Gradientenwerkstoff.

Der Vorteil der Verwendung von beschichteten Füllstoffen, z.B. von beschichtetem Aluminiumoxyd, besteht darin, dass beispielsweise die verwendeten empfindlichen Kohlenstoff-faserdrähte im vorderen Abschnitt lokal nicht verletzt werden können. Zudem ergeben sich keine lokalen "Micro"-Spannungskonzentrationen.

Die Darstellung der Erfindung unter Miteinbezug der Figuren 1 bis 5 ist selbstverständlich nicht abschliessend beschrieben, da die Ausgestaltung des Verankerungssystems auf x-beliebige Art und Weise modifiziert, variiert oder verändert werden kann. So ist die oben beschriebene Er-

findung selbstverständlich nicht auf die Verwendung von Kohlenstoffaserdrähten beschränkt, sondern lässt sich ebenfalls auf Ankersysteme anwenden, wo andere Zugelemente verwendet werden, wie beispielsweise Stahlseile, Zug-elemente aus Aramidfasern, Glasfaserzugstränge, etc. Auch die Herstellung der Ankerfüllmasse kann auf x-beliebige Art und Weise erfolgen, und die verschiedensten Materialien können für die Herstellung des Verankerungskörpers verwendet werden. Praktisch sämtliche duromeren Polymer-systeme eignen sich besonders gut, währenddem selbstverständlich auch thermoplastische Vergussmassen verwendet werden können. Als Füllstoffe eignen sich insbesondere Gummi, Stahl, mineralische Füllstoffe, Aluminiumoxyd, währenddem auch diesbezüglich sämtliche üblicherweise in polymeren Vergussystemen verwendeten Füllstoffe verwendet werden können.

Erfindungswesentlich ist, dass die Steifigkeit im Verankerungskörper eines Verankerungssystems vom Frontbereich zum hinteren Bereich des Ankerkonus zunimmt (Gradientenwerkstoff), um so die Schubspannungsverteilung entlang der Oberfläche der Zugelemente weitgehendst gleichmässig zu verteilen, d.h. um zu verhindern, dass im Frontbereich des Konus eine stark erhöhte Spannungsspitze auftritt.

Erfindungswesentlich ist auch, dass die Variation der Steifigkeit des Verankerungskörpers (Gradientenwerkstoff) durch Beschichten der Füllstoffe erreicht wird.



## Patentansprüche

1. Konisches Verankerungssystem zum Verankern von einem oder mehreren belasteten, gespannten oder vorgespannten Zugelementen, umfassend eine konische Ankerhülse und einen, in die Hülse passenden, das oder die Zugelemente haltenden Verankerungskörper, der eine entlang der Hülse wandung im wesentlichen frei gleitende Oberfläche aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Steifigkeit des den Verankerungskörper (7) bildenden Gradientenwerkstoffes vom Eintritt des oder der Zugelemente (9) in den Konus, d.h. vom Frontbereich zum hinteren Teil des Konus (5) hin zunimmt.

2. Konisches Verankerungssystem, insbesondere nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Verankerungskörper durch einen Gradientenwerkstoff gebildet wird, bestehend aus einer Bindemittelmatrix und mindestens einem Füllstoff, wobei sich die unterschiedliche Steifigkeit des Verankerungskörpers durch unterschiedlichen Füllgrad, unterschiedliche Geometrie des Füllstoffes und/oder durch unterschiedliche Steifigkeit bzw. Härte des Füllstoffes ergibt.

3. Konisches Verankerungssystem, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Bindemittelmatrix des Verankerungskörpers ein im wesentlichen duromeres Polymersystem ist mit im Frontbereich des Ankerkonus erhöhten Anteilen an Plastifizierungsmitteln, Flexibilisatoren, Weichmachern und/oder in das Polymere

eingebauten Elastomerblöcken, damit der Verankerungskörper in diesem Bereich eine niedrigere Steifigkeit aufweist als im hinteren Bereich.

4. Konisches Verankerungssystem, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Steifigkeit um einen Faktor im Bereich von ca. 20 bis ca. 300 vom Frontbereich zum hinteren Abschluss des Ankerkonus, vorzugsweise um einen Faktor von ca. 100 zunimmt.

5. Konisches Verankerungssystem, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Ankerkonus einen Öffnungswinkel im Bereich von ca. 5° bis ca. 15° aufweist.

6. Konisches Verankerungssystem, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Differenz der Radien der Ankeröffnung und des Zügelementes bzw. Zügelementbündels beim Eintritt des Zügelementes einen Wert im Bereich von ca. 0,5 bis ca. 15 mm aufweist.

7. Konisches Verankerungssystem, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das oder die Zügelement(-e) aus einem oder mehreren Drähten aus Kohlenstofffasern besteht(-en), wobei vorzugsweise als Bindemittelmatrix in den Drähten ein Epoxydharzsystem verwendet wird.

8. Konisches Verankerungssystem, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Füllstoff im Verankerungskörper durch Stahl, Quarz, Glas, Gummi und/oder vorzugsweise Aluminiumoxyd in Form von

Schrott, Sand, Kugeln, Fasern, Granulate und dgl. vorliegt.

9. Konisches Verankerungssystem, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Verankerungskörper mindestens zwei Zonen mit unterschiedlicher Steifigkeit aufweist, vorzugsweise ca. drei bis fünf Zonen, wobei die Steifigkeitswerte der verschiedenen Zonen vom Frontbereich des Ankerkonus zum hinteren Bereich zunehmen.

10. Verfahren zum Herstellen eines konischen Verankerungssystems, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Ankerhülse (3) oder ein Hohlkörper mit entsprechender Geometrie mit einem Trennmittel beschichtet wird, anschliessend das oder die Zuelemente (9) in die Hülse eingeführt werden, worauf die Hülse mit einem Gradientenwerkstoff ausgefüllt wird, wobei durch zunehmendes Füllen des Gradientenwerkstoffes mit Füllstoff hoher Steifigkeit vom Frontbereich zum hinteren Bereich des Konus (5) eine zunehmende Steifigkeit des Verankerungskörpers (7) vom Frontbereich zum hinteren Teil erhalten wird.

11. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Füllstoff vor dem Füllen des Verankerungskörpers unterschiedlich stark mit Bindemittel umhüllt bzw. beschichtet wird, wobei im Frontbereich stark eingehüllter bzw. beschichteter Füllstoff zusammen mit dem Bindemittel in die Ankerhülse bzw. den Hohlkörper eingefüllt wird und im hinteren Bereich nicht oder nur schwach eingehüllter oder beschichteter Füllstoff.

12. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Füllstoff mittels Wirbelsintern beschichtet bzw. eingehüllt wird.

13. Verfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Bindemittel durch Wirbelsintern in einem sog. Wirbelschichtgranulator oder einem Schüttel- oder Biaxialmischer erfolgt, wobei vorzugsweise Aluminiumoxydpartikel mit einem Epoxidharzsystem eingehüllt bzw. beschichtet werden.

1 / 4

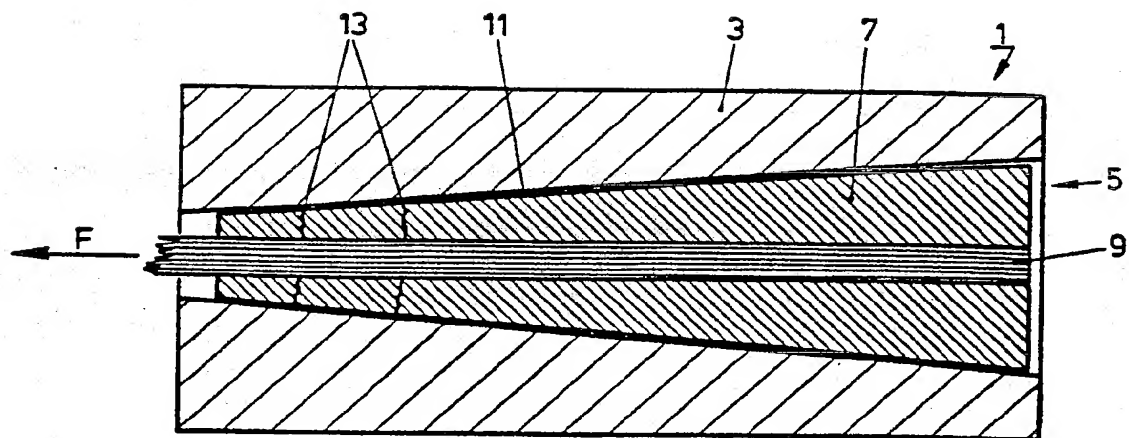


FIG. 1a

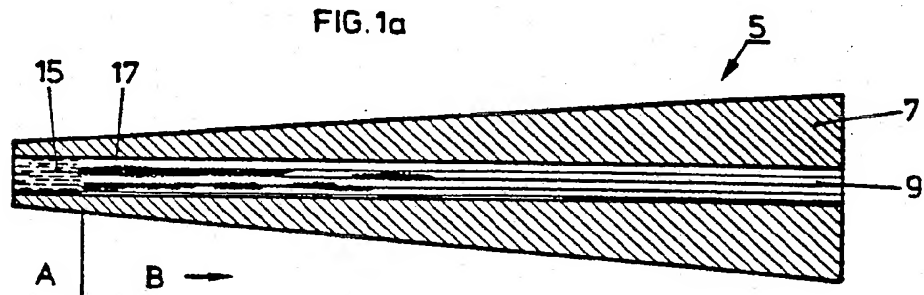


FIG. 1b

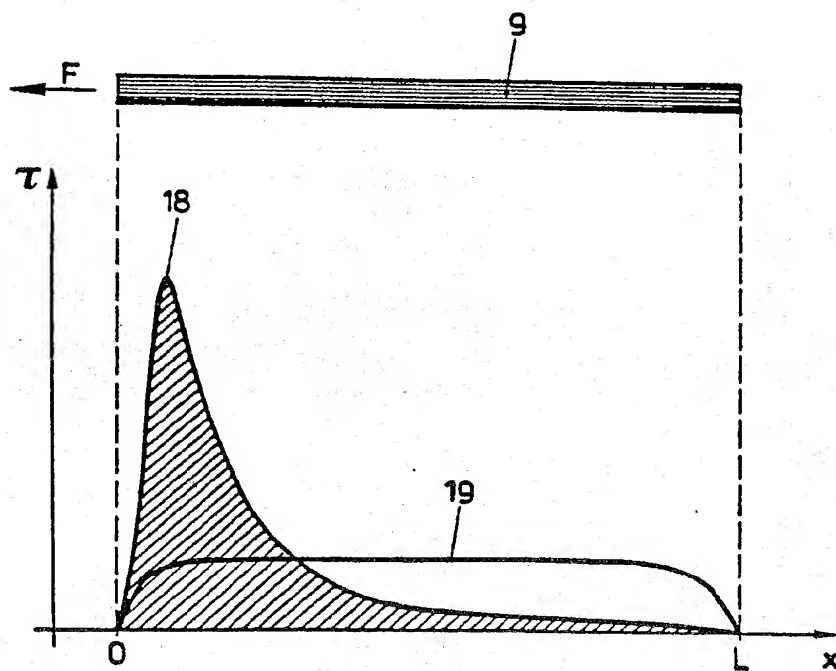


FIG. 2

2 / 4

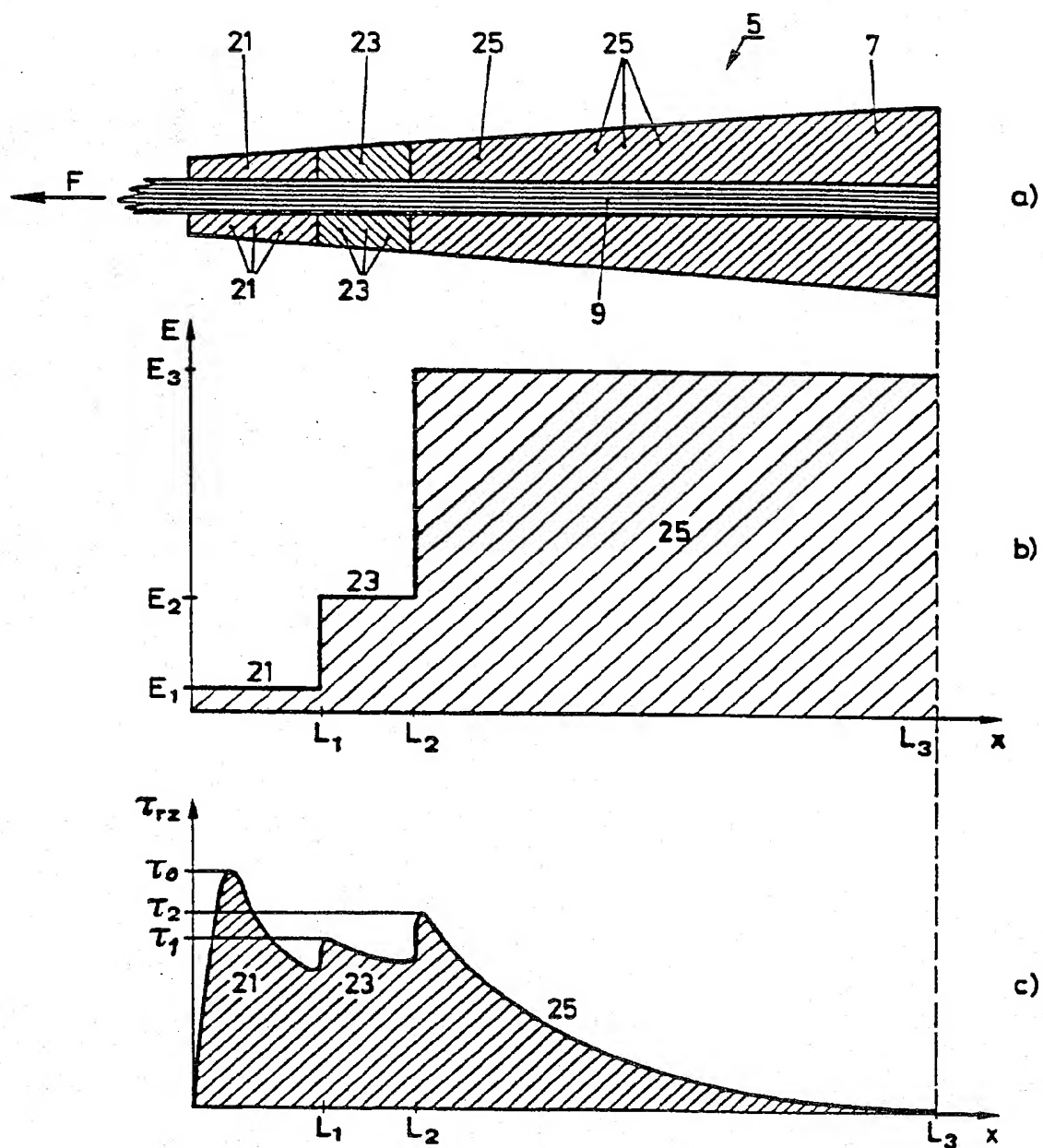


FIG. 3

3 / 4

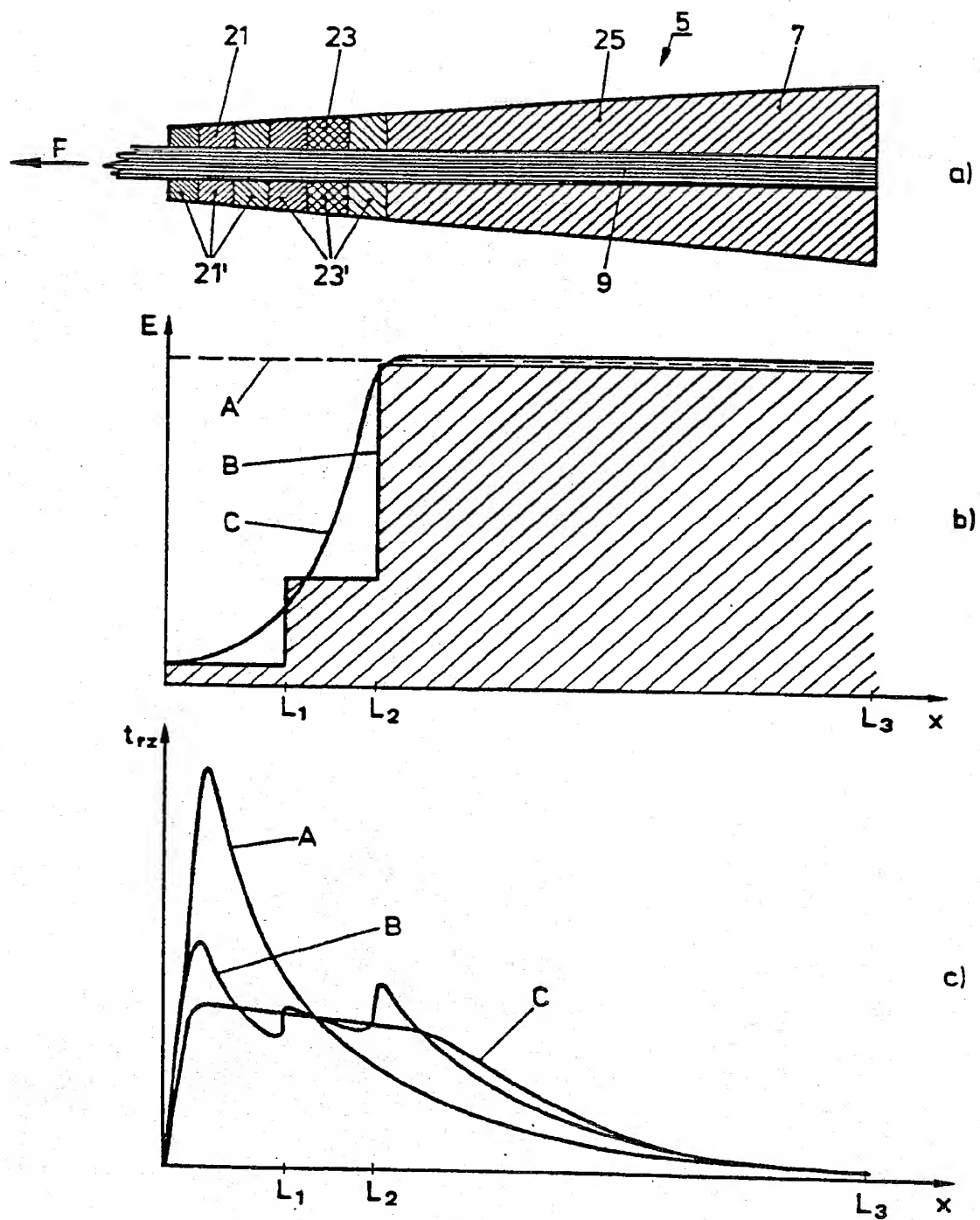


FIG.4

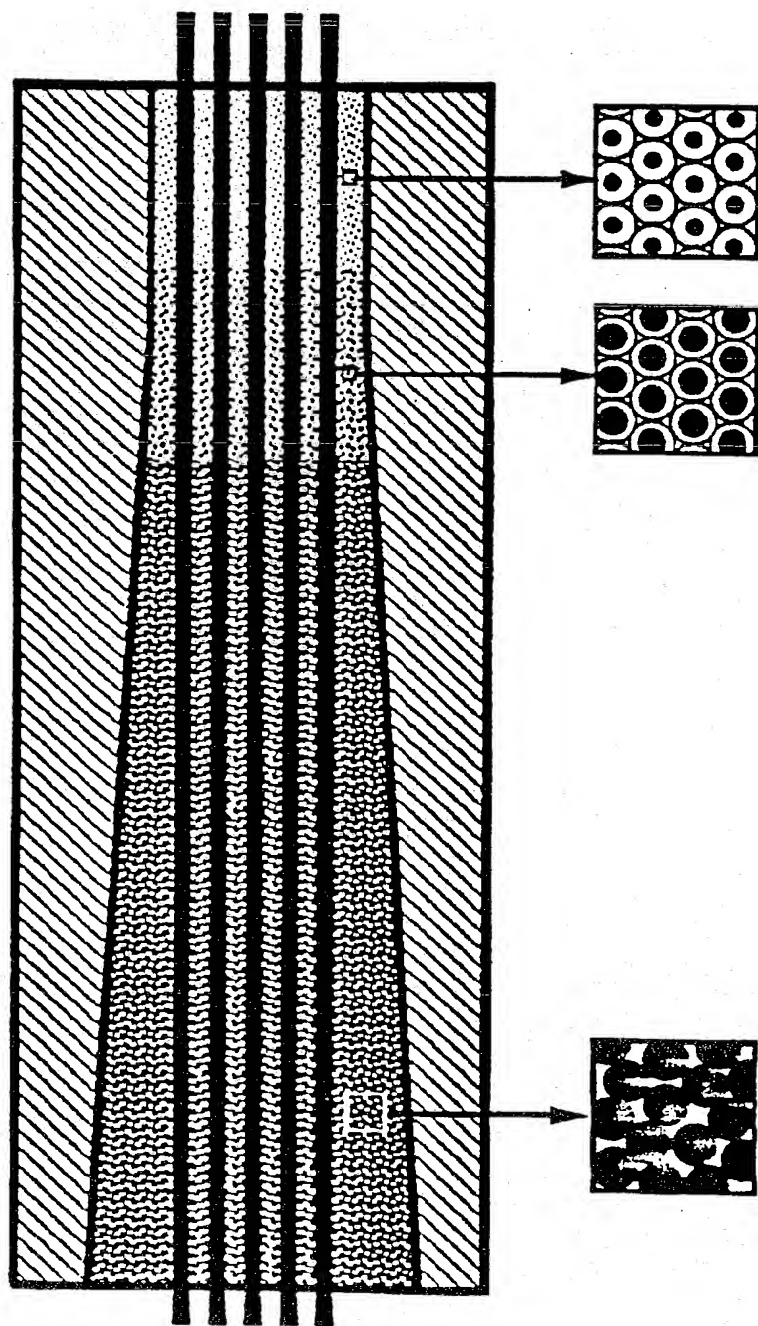


FIG. 5



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/CH 95/00080

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 E04C5/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 E04C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR,A,2 251 682 (FIRMA MAX PAUL & SOHNE) 13 June 1975	1,5
Y	see page 4, line 30 - page 5, line 9 see page 5, line 37 - page 6, line 4 see page 7, line 4 - page 7, line 12 see claim 12; figures 1-5 ---	6-9
Y	EP,A,0 260 163 (FREYSSINET INTERNATIONAL) 16 March 1988	6
A	see column 3, line 32 - column 3, line 36 see claims 1,3,7,8; figures 1,2 ---	5
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 June 1995

Date of mailing of the international search report

14. 07. 95

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Hendrickx, X

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/CH 95/00080

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	NL,A,8 600 369 (AKZO) 1 September 1987 see page 7, paragraph 2 see page 8, paragraph 2 see page 9, paragraph 2 see page 10, paragraph 2 see page 16, paragraph 4 see claim 1; figures 1-7 ----	7 5,8
Y A	EP,A,0 025 856 (REHM, FRANKE) 1 April 1981 see page 35, line 28 - page 38, line 4 see figure 9 ----	7,8 10
Y	EP,A,0 197 912 (VORSPANN-TECHNIK GESELLSCHAFT) 15 October 1986 see page 5, line 18 - page 5, line 32 see claims 1,4; figures 1-12 ----	9
A	CH,A,456 105 (BRANKO ZEDELJ) 15 July 1968 see column 4, line 49 - column 5, line 7 see figures 1-3 -----	1,10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH 95/00080

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR-A-2251682	13-06-75	DE-A- 2357819	28-05-75
EP-A-0260163	16-03-88	FR-A- 2602258	05-02-88
		JP-A- 63043046	24-02-88
		US-A- 4941303	17-07-90
NL-A-8600369	01-09-87	NONE	
EP-A-0025856	01-04-81	DE-A- 2932809	26-03-81
		DE-A- 2935419	19-03-81
		DE-A- 2950303	02-07-81
		DE-A- 2951015	25-06-81
		DE-A- 2951088	02-07-81
		AT-T- 8684	15-08-84
		EP-A- 0343316	29-11-89
		US-A- 4448002	15-05-84
		US-A- 4671034	09-06-87
EP-A-0197912	15-10-86	AT-B- 390100	12-03-90
		JP-C- 1665654	19-05-92
		JP-B- 3025665	08-04-91
		JP-A- 61211555	19-09-86
		US-A- 4744691	17-05-88
CH-A-456105		NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internales Aktenzeichen

PCT/CH 95/00080

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 E04C5/12

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 6 E04C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	FR,A,2 251 682 (FIRMA MAX PAUL & SOHNE) 13.Juni 1975	1,5
Y	siehe Seite 4, Zeile 30 - Seite 5, Zeile 9 siehe Seite 5, Zeile 37 - Seite 6, Zeile 4 siehe Seite 7, Zeile 4 - Seite 7, Zeile 12 siehe Anspruch 12; Abbildungen 1-5	6-9
Y	EP,A,0 260 163 (FREYSSINET INTERNATIONAL) 16.März 1988	6
A	siehe Spalte 3, Zeile 32 - Spalte 3, Zeile 36 siehe Ansprüche 1,3,7,8; Abbildungen 1,2	5
	---	
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23.Juni 1995

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

14.07.95

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hendrickx, X

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/CH 95/00080

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y A	NL,A,8 600 369 (AKZO) 1.September 1987 siehe Seite 7, Absatz 2 siehe Seite 8, Absatz 2 siehe Seite 9, Absatz 2 siehe Seite 10, Absatz 2 siehe Seite 16, Absatz 4 siehe Anspruch 1; Abbildungen 1-7 ---	7 5,8
Y A	EP,A,0 025 856 (REHM, FRANKE) 1.April 1981 siehe Seite 35, Zeile 28 - Seite 38, Zeile 4 siehe Abbildung 9 ---	7,8 10
Y	EP,A,0 197 912 (VORSPANN-TECHNIK GESELLSCHAFT) 15.Oktober 1986 siehe Seite 5, Zeile 18 - Seite 5, Zeile 32 siehe Ansprüche 1,4; Abbildungen 1-12 ---	9
A	CH,A,456 105 (BRANKO ZEDELJ) 15.Juli 1968 siehe Spalte 4, Zeile 49 - Spalte 5, Zeile 7 siehe Abbildungen 1-3 -----	1,10

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 95/00080

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR-A-2251682	13-06-75	DE-A- 2357819	28-05-75
EP-A-0260163	16-03-88	FR-A- 2602258	05-02-88
		JP-A- 63043046	24-02-88
		US-A- 4941303	17-07-90
NL-A-8600369	01-09-87	KEINE	
EP-A-0025856	01-04-81	DE-A- 2932809	26-03-81
		DE-A- 2935419	19-03-81
		DE-A- 2950303	02-07-81
		DE-A- 2951015	25-06-81
		DE-A- 2951088	02-07-81
		AT-T- 8684	15-08-84
		EP-A- 0343316	29-11-89
		US-A- 4448002	15-05-84
		US-A- 4671034	09-06-87
EP-A-0197912	15-10-86	AT-B- 390100	12-03-90
		JP-C- 1665654	19-05-92
		JP-B- 3025665	08-04-91
		JP-A- 61211555	19-09-86
		US-A- 4744691	17-05-88
CH-A-456105		KEINE	